



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00338**

(22) Data de depozit: **05/06/2019**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/10/2021** BOPI nr. **10/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/03/2020 BOPI nr. **3/2020**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI, STR.ATOMIȘTILOR NR.409,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **CĂLIN BOGDAN, STR.CASTANILOR
NR.1, URLAȚI, PH, RO;**
• **ZAMFIRESCU MARIAN, STR.ODGONULUI
NR.1, BL.132, SC.1, AP.44, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **FILIP ALEXANDRU, STR.ZORELELOR
NR.1G, SAT CUMPĂNA, CT, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 4900122; RO 107540 B1

(54) **DISPOZITIV ȘI METODĂ DE CUPLARE A FIBRELOR OPTICE
LA CIRCUITE OPTICE INTEGRATE**



1 Invenția se referă la un dispozitiv de cuplare a fibrelor optice la circuitele optice inte-
grate cu ajutorul unor elemente micromecanice și microoptice. Metoda de cuplare optică
3 constă în conectarea mecanică a fibrei optice la dispozitivul micromecanic de cuplare. Dispo-
zitivul micromecanic fixează și autoaliniază fibra optică la dispozitivul microoptic. Dispozitivul
5 microoptic dirijează lumina la intrarea în circuitul optic integrat.

 Cuplajul luminii în circuitele optice integrate, atât la intrare, cât și la ieșire, reprezintă
7 o etapă importantă și necesară pentru funcționarea acestor circuite. Principalele metode de
cuplaj aplicate în prezent sunt cuplaj cu prisma [1], cuplaj lateral direct [2], cuplaj prin unda
9 evanescentă (launch waveguide) [3] și cuplaj prin rețea de difracție [4].

 Metodele de cuplaj descrise anterior impun anumite condiții specifice. Cuplajul cu
11 prisma necesită o suprafață de contact suficient de mare pentru eficiența de transfer optic.
Cuplajul lateral direct necesită fabricare de circuite fotonice cu ghiduri de intrare și ieșire
13 poziționate la marginea circuitului fonic, și cu fețe de calitate optică. Cuplajul prin undă
evanescentă necesită un substrat suficient de subțire încât să permită pătrunderea undei
15 evanescente în ghidul de intrare. Cuplajul cu rețea de difracție necesită un contrast al indici-
lor de refracție suficient de mare pentru eficiența de cuplare optică corespunzătoare. De ase-
17 menea, există materiale și metode de fabricare a circuitelor fotonice eficiente din punct de
vedere al timpului de fabricare și costului aferent, însă contrastul scăzut al indicilor de refrac-
19 ție face ca metodele de cuplaj enumerate mai sus să nu ofere eficiența de cuplare optică
necorespunzătoare. Principalele dezavantaje ale acestor metode constă în funcționarea
21 numai în condițiile specifice amintite mai sus, iar fiecare dintre acestea prezintă o limitare a
eficienței de cuplare optică. Există tehnologii mature pentru comunicații optice, ce folosesc
23 dispozitive precum fibre optice, cuploare pentru fibre optice, surse laser pe fibră, surse optice
cuplate pe fibră. În ultimii ani s-au dezvoltat circuitele optice integrate, pe baza noilor pro-
25 cedee microtehnologice. Utilitatea acestor circuite se regăsește în domenii precum
comunicații optice, procesare optică a informației, senzori fotonici și tehnologii cuantice.
27 Conectarea circuitelor optice integrate la sistemele de comunicații optice se realizează
folosind metodele descrise mai sus, cu limitările și dezavantajele amintite.

29 Problema pe care se bazează invenția constă în înlăturarea limitărilor generate de
condițiile specifice de cuplaj ale metodelor clasice, precum și în îmbunătățirea eficienței de
31 cuplare optică.

 Această problemă este rezolvată prin dezvoltarea unui dispozitiv de cuplaj direct cu
33 fibră optică (3), care, conform invenției înlătură dezavantajele stadiului tehnicii, prin aceea
că permite conectarea fibrei optice (3) la intrarea în ghidul optic (7) prin intermediul compo-
35 nentelor micromecanice (1) și microoptice (2) descrise de brevet. Invenția constă într-o com-
ponentă micromecanică (1) și o componentă microoptică (2), componente ce permit cuplarea
37 semnalului optic (8) de la fibra optică (3) la ghidul optic (7). Componenta micromecanică (1)
ghidează și aliniază fibra optică (3). Fibra este astfel poziționată în fața componentei
39 microoptice (2) tridimensional îngustată pe direcția ghidului de undă (7), care ghidează și
concentrează lumina la intrarea ghidului optic (7). Conectarea fibrei optice (3) funcționează
41 în configurație interschimbabilă sau permanentă.

 Invenția este compusă din: montura micromecanică (1) și componenta
43 microoptică(2).

 Montura micromecanică (1) are o formă parabolică în plan paralel cu substratul
45 ghidului optic, cu deschiderea spre fibra optică (3). Montura micromecanică (1) are două
compenente: componenta de ghidaj (4) și componenta de aliniere și fixare (5). Componenta
47 de ghidaj (4) are forma și dimensiunea optimizate pentru dimensiunile fibrei optice (3), astfel
încât prin apropierea mecanică a fibrei optice (3) de montura micromecanică (1), capătul

fibrei (3) va fi dirijat către componenta de aliniere și fixare (5). Componenta de aliniere și	1
fixare (5) are dimensiunile apropiate de dimensiunile capătului fibrei optice (3), astfel încât se	3
limitează translația în plan transversal fibrei optice (3), dar să permită introducerea fibrei (3).	5
Componenta de aliniere și fixare (5) prezintă un element opritor (6) ce limitează avansarea	7
fibrei optice (3) către componenta microoptică (2). Semnalul optic (8) ce iese din fibra optică	
(3) fixată este transmis către intrarea în componenta microoptică (2). Componenta micro-	
optică (2) are forma îngustată către ghidul optic (7).	
Dispozitivul și metoda de cuplare a fibrelor optice la circuite optice integrate au	9
conform invenției următoarele avantaje:	
- montura micromecanică realizează autoalinierea fibrei la ghidul optic tridimensional	11
îngustat;	
- permite conectare interschimbabilă sau permanentă a fibrei optice la circuitul	13
fotonic;	
- prezintă o eficiență de cuplare optică mare (peste 50% pentru domeniu vizibil), față	15
de metodele clasice amintite anterior;	
- cuplarea optică se realizează independent de diametrul miezului fibrei, atât timp cât	17
diametrul extern al fibrei subțiate este adaptat geometriei dispozitivului micromecanic;	
- permite vibrații, deformări și variații de temperatură, în condiții de utilizare	19
industrială, fără să inducă variații ale geometriei de cuplaj;	
- funcționează pentru lungimi de undă în spectrul vizibil și infraroșu apropiat.	21
Metoda de cuplare constă în:	
- apropierea capătului fibrei (3) de montura micromecanică (1) prin partea cu	23
deschidere mare, conform fig. 1;	
- translatarea fibrei (3) în planul ghidului, către alezajul monturii micromecanice (1),	25
până când fibra (3) intră în elementul de aliniere și fixare (5) și atinge elementul opritor (6);	
- transmiterea semnalului optic (8) prin fibra optică (3) până la ghidul optic (7) în care	27
se dorește cuplarea;	
- semnalul optic (8) intră în componenta microoptică (2), este ghidat și concentrat la	29
intrarea în ghidul de undă (7).	
Se dă un exemplu de realizare a invenției cu referire la fig. 1...5. Exemplul de	31
realizare a invenției, ce conține, dar nu se rezumă la metoda de fabricare, materialele,	
dimensiunile, lungimile de undă aplicabile, nu sunt exhaustive în relație cu invenția:	33
- fig. 1, reprezentare grafică a montajului ce conține fibra optică (3), conectată la	
componenta micromecanică (1) de prindere și autoaliniere, și componenta microoptică (2)	35
ce se continuă cu ghidul optic (7), cu vedere de sus, vedere din lateral, vedere din față și	
vedere cu axonometrie izometrică;	37
- fig. 2, reprezentare grafică a montajului împărțit pe componentele principale, ce	
conține fibra optică (3), componenta de ghidare (4) și componenta de prindere și aliniere (5)	39
a fibrei optice (3), componenta microoptică (2), și ghidul optic (7);	
- fig. 3, reprezentare grafică împreună cu dimensiunile fizice ale montajului ce conține	41
fibra optică (3), conectată la componenta micromecanică (1) de prindere și autoaliniere, și	
componenta microoptică (2) ce se continuă cu ghidul optic (7), cu vedere de sus și vedere	43
din lateral;	
- fig. 4, rezultatul unei simulări numerice prin metoda diferentelor finite în domeniul	45
timp, ce reprezintă distribuția longitudinală de intensitate a câmpului electric propagat prin	
componenta microoptică (2) și ghidul optic (7);	47
- fig. 5, imagine de microscopie electronică de baleiaj ce conține componenta	
micromecanică (1), componenta microoptică (2) și ghidul optic (79).	

Metoda de fabricare a ghidului din exemplu constă în scriere directă cu laserul prin absorbție multifotonică, metoda cunoscută și sub numele de litografie laser 3D. Sursa laser incidentă este o sursă pe fibra dopată cu ioni de Erbium, ce livrează pulsuri laser de 120 femtosecunde, cu rata de repetiție de 80 MHz, la o lungime de undă de 780 nm și puteri medii cuprinse între 0 și 120 mW. Radiația laser este livrată printr-un microscop inversat terminat cu un obiectiv cu mărire 100 x și apertură numerică 1.4. Materialul utilizat este IP-Dip, ce reprezintă un fotorezist lichid de tip acrilic, optimizat pentru fabricare de microstructuri prin litografie 3D. Materialul este transparent pentru lungimea de undă a laserului incident, 780 nm, și prezintă absorbție de peste 97% pentru a doua armonică, cu lungime de undă 390 nm. Astfel, materialul este procesat prin intermediul absorbției de doi fotoni. După iradiere, rezultă un material polimeric sticlos cu indice de refracție $n = 1,54$ pentru o lungime de undă $\lambda = 780$ nm. În exemplul dat, structurile au fost fabricate pe substrat de sticlă BK7 de formă pătrată cu latura de $22 \pm \text{mm}$, grosime de $0,17 \pm 0,01$ mm.

Pentru estimarea eficienței de cuplaj a dispozitivului, a fost realizată o simulare numerică bidimensională pe direcție longitudinală în planul axei optice a ghidului 7, perpendicular pe suprafața substratului de sticlă. Simularea este realizată folosind pachetul software OptiFDTD, ce utilizează metoda diferențelor finite în domeniu timp pentru rezolvarea ecuațiilor Maxwell privind propagarea semnalului optic 8 prin structura considerată. Sursa semnalului optic 8 din simulare este de tip undă continuă, cu lungime de undă 780 nm. Simularea caracterizează procesul fizic de la ieșirea optic 8 din fibra 7, către intrarea în componenta microoptica 2 și propagarea prin aceasta, concentrarea semnalului optic 8 la intrarea în ghidul 7 și propagarea prin acesta pe o lungime de 20 μm . Eficiența cuplajului optic este definită ca raportul dintre puterea măsurată în interiorul ghidului 7, după propagarea pe o distanță de 15 μm de la intrarea în ghidul optic 7, și puterea sursei semnalului optic 8 la origine. Rezultatul simulării arată distribuția de intensitate luminoasă la propagarea semnalului optic 8 prin componenta microoptică 2. Simularea indică o eficiență de cuplaj de 57%.

Fig. 4 prezintă rezultatul unei simulări numerice bidimensionale, în secțiune longitudinală, prin metoda diferențelor finite în domeniu timp ale componentei microoptice 2 și ghidului optic 7.

Fig. 5 prezintă imagini de microscopie electronică de baleiaj ale dispozitivului exemplificat în fig. 1.

Bibliografie

[1] G. Assanto, B. Svensson, D. Kuchibhatla, U. J. Gibson, C. T. Seaton, and G. I. Stegeman, "*Prism coupling into ZnS waveguides: a classic example of a nonlinear coupler*," Opt. Lett. 11, 644-646 (1986).

[2] Pentti Karioja and Dennis Howe, "*Diode-laser-to-waveguide butt coupling*", Appl. Opt. 35, 404-416 (1996).

[3] Tong X.C. (2014), "*Characterization Methodologies of Optical Waveguides. In: Advanced Materials for Integrated Optical Waveguides*", Springer Series in Advanced Microelectronics, vol 46. Springer, Cham.

[4] Nambiar, S., Ranganath, P., Kallega, R. et al., "*High efficiency DBR assisted grating chirp generators for silicon nitride fiber-chip coupling*", Set Rep 9, 18821, (2019).

1. Dispozitiv de cuplare a fibrelor optice la circuite optice integrate, **caracterizat prin aceea că**, prin forma tridimensională proiectată a componentei micromecanice (1) și componentei microoptice (2) permite cuplajul direct al fibrei optice (3) la ghidul de undă (7).

3
5
2. Dispozitivul conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, permite cuplarea fibrei optice (3) independent de dimensiunea miezului optic al fibrei (3) datorită monturii micromecanice (1) care aliniază și fixează fibra optică (3) pe centrul componentei microoptice (2).

7
9
3. Dispozitivul conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, autoaliniază și fixează fibra optică (3) la componenta microoptică (2), datorită formei tridimensionale proiectate ale componentei micromecanice (1).

11
4. Dispozitivul conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, montarea fibrei optice (3), și implicit cuplarea semnalului optic (8), este temporară sau permanentă, determinată de proprietatea de autoalinieră și fixare a fibrei optice (3) de către forma geometrică proiectată a componentei micromecanice (1).

13
15
5. Dispozitivul conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, permite funcționarea dispozitivului în condiții industriale de vibrații, deformări ale fibrei, variații de temperatură, variații de presiune, variații de umiditate datorită geometriei componentei micromecanice (1) ce permite autoalinieră și fixarea fibrei optice (3) pe centrul componentei microoptice (2);

17
19
21
6. Metoda de cuplare a fibrelor optice la circuite optice integrate, **caracterizată prin aceea că**, folosește dispozitivul conform revendicării 1, prin apropierea capătului fibrei (3) de montura micromecanică (1) prin partea cu deschidere mare, translatarea fibrei (3) în planul ghidului, către alezajul monturii micromecanice (1), până când fibra (3) intră în elementul de aliniere și fixare (5) și atinge elementul opritor (6) transmiterea semnalului optic (8) prin fibra optică (3) până la ghidul optic (7) în care se dorește cuplarea, semnalul optic (8) intrând în componenta microoptică (2), fiind ghidat și concentrat la intrarea în ghidul de undă (7);

23
25
27
29
7. Metoda de cuplare a fibrelor optice la circuite optice integrate, conform revendicării 6, **caracterizată prin aceea că**, prin folosirea dispozitivului conform revendicării 1, permite cuplarea optică pentru spectrul vizibil și infraroșu apropiat.

31

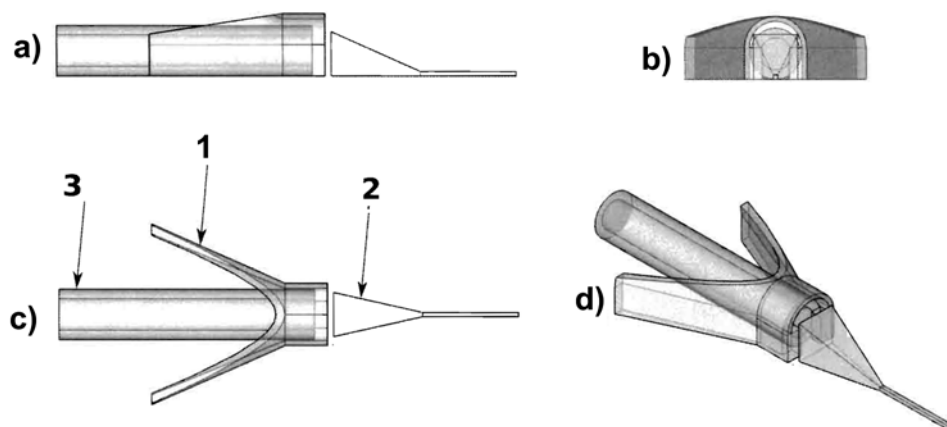


Fig. 1

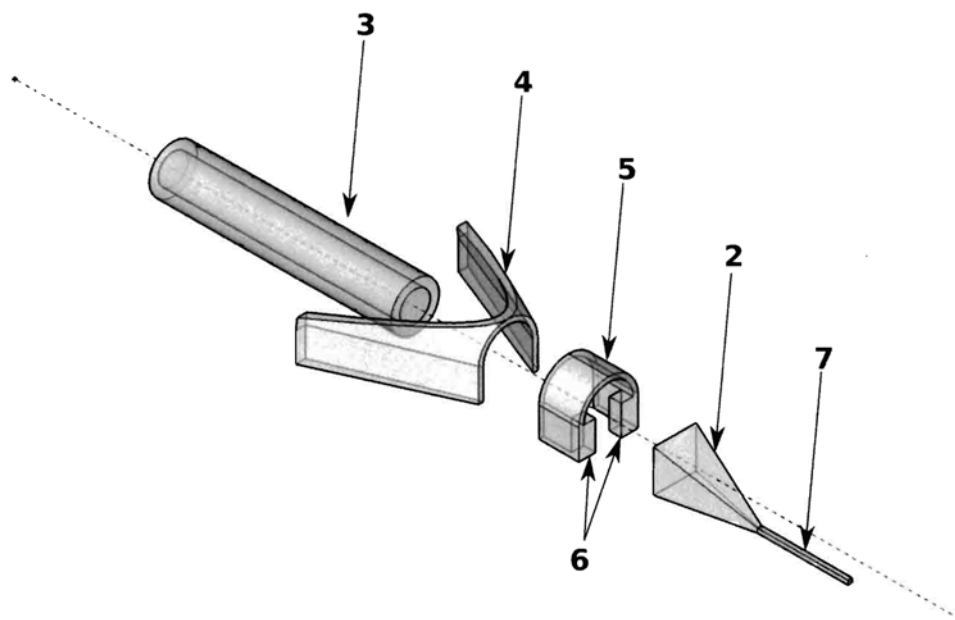


Fig. 2

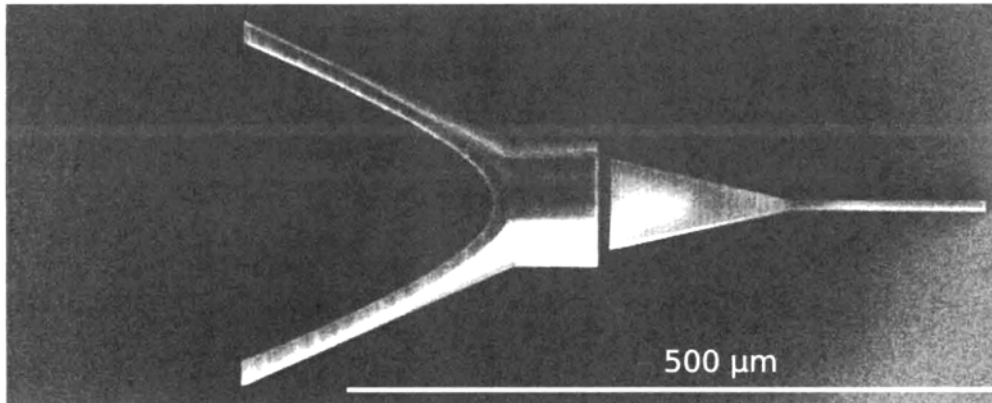


Fig. 3

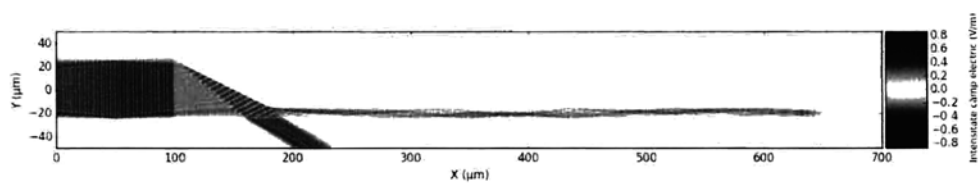


Fig. 4

